

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen nach dem Gattungsbegriff der Ansprüche 1 und 16.

- 10 In zukünftigen vermaschten optischen Zeitmultiplex-Netzwerken (OTDM = Optical Time Division Multiplex) werden Zeitmultiplex-Signale aus verschiedenen Quellen auf eine Glasfaser und eine Wellenlänge zusammengeführt. Diese Zeitmultiplex-Signale mit zeitmultiplexierten Kanälen stammen von entfernten Netz-
- 15 elementen oder werden am Ort eines Multiplexers aggregiert. In den zu mischenden Zeitmultiplex-Signalen sind oft jeweils nur einige der zur Verfügung stehenden Kanäle oder Zeitschlitze belegt, z. B. weil einige OTDM-Kanäle aus einem ankommenden Zeitmultiplex-Signal "gedroppt" worden sind. In der
- 20 Summe ist z. B. bei zwei ankommenden Zeitmultiplex-Signalen nicht mehr als die maximal für ein resultierendes Zeitmultiplex-Signal zur Verfügung stehende Kanalzahl belegt.

- Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine An-
- 25 ordnung anzugeben, die eine belegungsoptimierte Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen ermöglichen, insofern dass in den zusammenzufassenden Zeitmultiplex-Signalen einigen gemeinsam zeitübereinstimmenden belegten sowie unbelegten Kanälen enthalten sind.

30

Eine Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich ihres Vorrichtungsaspekts durch eine Anordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 16.

35

Sofern sich die Zeitmultiplex-Signale derart gegeneinander zeitlich z. B. mittels eines Verzögerungselements verschieben

lassen, dass sich eine relative Verschiebung ergibt, in der jeder Zeitschlitz nur ein einziger Kanal der Zeitmultiplex-Signale belegt wird, lassen sich die beiden Zeitmultiplex-Signale prinzipiell einfach mit einer Einkoppeleinrichtung
5 kombinieren.

Existiert eine solche relative Verschiebung nicht, ist ein anderes Verfahren sowie eine neue Anordnung, wie im Folgenden beschrieben, notwendig.

10

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Zusammenfassung von mindestens zwei Zeitmultiplex-Signalen zu einem resultierenden Zeitmultiplex-Signal, die alle eine gleiche Anzahl N von periodischen zeitmultiplexierten Kanälen haben, demgemäss
15 durch eine gegenseitige Zeitverschiebung vom Inhalt aus belegten Kanälen in den Zeitmultiplex-Signalen eine Neuordnung des Inhalts in nicht belegte Kanäle der Zeitmultiplex-Signale derart gesteuert wird, dass ihre Zusammenfassung in das resultierende Zeitmultiplex-Signal kollisionsfrei erfolgt. In anderen Worten ermöglicht dieses Verfahren eine
20 einfache kanalindividuelle Neuordnung von Kanälen in beiden Zeitmultiplex-Signalen derart, dass vor ihrer Zusammenfassung alle zeitübereinstimmende Kanäle der beiden Zeitmultiplex-Signale nicht gemeinsam mit einem Inhalt (z. B. übertragene
25 Daten) belegt werden.

Für dieses Verfahren sind Randbedingungen zu beachten, insbesondere bei einer Anzahl N_1 von belegten Kanälen des ersten Zeitmultiplex-Signals und bei einer Anzahl N_2 von belegten
30 Kanälen des zweiten Zeitmultiplex-Signals die gesamte Zahl N_1+N_2 die Anzahl N der Kanäle des resultierenden Zeitmultiplex-Signals nicht übersteigt. Ist es nicht der Fall, d. h. die gesamte Zahl N_1+N_2 übersteigt die Anzahl N , wird ebenfalls eine vorteilhafte Lösung gegeben, damit eine belegungs-
35 optimierte Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen gewährleistet wird. Als Grundbasis dieser Lösung wird eine weitere Granularität z. B. durch Wellenlängenkonversion oder -

- schaltung wenigstens einer Teilzahl der Kanäle eines der beiden zusammenzufassenden Zeitmultiplex-Signale verwendet, so dass eine Zusammenfassung mit einem anderem Zeitmultiplex-Signal mit einer neu gewählten Wellenlänge nun kollisionsfrei
- 5 erfolgt. Je nach verwendeter Übertragungstechnik können weitere Granularitäten - Koppelfeld, Polarisierung, Phase, etc - ebenfalls verwendet werden. Aus einer Vorrichtungssicht kann z. B. bei einer Wellenlängenschaltung ein zusätzliches Add-Drop-Modul einer OTDM-Zusammenfassenvorrichtung vorgeschaltet
- 10 werden, so dass Datenkanäle unter Kollisionsgefahr in der OTDM-Zusammenfassenvorrichtung an einer weiteren OTDM-Zusammenfassenvorrichtung mit hier einer weiteren zugewiesenen Wellenlänge abgegeben werden.
- 15 Sind drei oder mehrere Zeitmultiplex-Signale mit Kanalanzahl N1, N2, N3, ... zusammenzufassen, wird dieses Verfahren kaskadiert, d. h. zuerst werden jeweils zwei Zeitmultiplex-signale kombiniert, die dann wiederum ein neues gemeinsames Zeitmultiplex-Signal darstellen, das in gleicher Art wieder
- 20 mit weiteren Zeitmultiplex-Signalen kombiniert werden kann.

Daher ermöglicht dieses Verfahren durch die neue Zuordnung von Daten in möglichst gemeinsam unverwendete Kanäle mehrerer parallel übertragener Zeitmultiplex-Signale eine effektive

25 Komprimierung der tatsächlich erforderlichen Bandbreite bei einer OTDM-Übertragung. Dieser Aspekt ist für einen Netzwerk-Anbieter von höchster Priorität, wenn er seine verfügbare Bandbreite optimal betreiben möchte. Auch der Netzwerk-Benutzer wird bei gleicher Bandbreite-Miete eine höhere Datenrate genießen können.

30

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung zur Durchführung des obengenannten Verfahrens ist darin zu sehen, dass eine einfache sowie kostengünstige Anordnung zur Zusammenfassung von mindestens zwei Zeitmultiplex-Signalen zu einem resultierenden Zeitmultiplex-Signal realisiert werden kann.

35

Angenommen, dass alle Zeitmultiplex-Signale eine gleiche Anzahl N von periodischen zeitmultiplexierten Kanälen aufweisen, ist an wenigstens einem für ein zusammenzufassendes Zeitmultiplex-Signal vorgesehenen Zeitverzögerungsglied eine

5 Steuereinheit zur gegenseitigen Zeitverschiebung vom Inhalt aus belegten Kanälen in den Zeitmultiplex-Signalen angeschlossen. Ferner ist zur Neuordnung dieses Inhalts in nun nicht belegte Kanäle der Zeitmultiplex-Signale die Steuereinheit derart ausgebildet, dass bei einem dem Zeitverzögerungsglied nachgeschalteten optischen Koppler die Zusammenfassung

10 in das resultierende Zeitmultiplex-Signal kollisionsfrei erfolgt.

Angenommen, dass die ankommenden Zeitmultiplex-Signale jeweils einen freien Kanal haben und damit bei der Zusammenfassung der Zeitmultiplex-Signale keine Neuordnung notwendig ist, ist trotzdem mindestens eine kontrollierte gegenseitige Zeitverschiebung notwendig.

20 Nun bei zwei Zeitmultiplex-Signalen mit einigen gemeinsam zeitübereinstimmenden belegten sowie unbelegten Kanälen wird zur Abzweigung eines Inhalts eines gemeinsam zeitübereinstimmenden belegten Kanals eines der Zeitmultiplex-Signale das Zeitmultiplex-Signal in ein Drop-Modul eingespeist, dessen

25 Drop-Anschluss mit dem Zeitverzögerungsglied zur Zeitverschiebung des abgezweigten Inhalts des Kanals verbunden ist. Dem Drop-Modul und dem Zeitverzögerungsglied ist die Steuereinheit über Steuersignale zur Aktivierung einer derartigen Abzweigung und zur Einstellung der Zeitverzögerung angeschlossen. Drop-Module können herkömmliche Add-Drop-Module

30 sein. Restliche - d. h. nicht abgezweigte - Kanäle werden unverzögert durchgeleitet, daher bleibt der Platz des gedropten Kanals in dem modifizierten Zeitmultiplex-Signal vollständig frei. Das gedropte Kanalsignal wird so verzögert und

35 wieder in das durchgeleitete Zeitmultiplex-Signal hinzugefügt, dass das dabei erzeugte Zeitmultiplex-Signal mit dem

anderen zusammenfassenden Zeitmultiplex-Signal eine gemeinsame Belegung weniger hat.

- Zur Identifizierung der Belegung von zeitübereinstimmenden
- 5 Kanälen zwischen oder bei Zeitmultiplex-Signalen ist eine Detektionseinheit mit der Steuereinheit über ein Kontrollsignal verbunden. Mehrere Informationen über die Detektionseinheit werden im Folgenden gegeben. Eine Alternativ besteht darin, dass ein Netzwerkmanagement so ausgebildet ist, dass er das
- 10 oben genannte Kontrollsignal der Steuereinheit abgibt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 15 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

Dabei zeigen:

- 20 Fig. 1: eine schematische Darstellung der erforderlichen Neuordnung der Inhalte der Kanäle zur erfindungsgemäßen Zusammenfassung der Zeitmultiplex-Signale,
- Fig. 2: eine erfindungsgemäße Anordnung zur Zusammenfassung von zwei Zeitmultiplex-Signalen,
- 25 Fig. 3: eine Vorrichtung zur Identifizierung der Belegung von Kanälen bei hochbitratigen Zeitmultiplex-Signalen,
- Fig. 4: eine zweite Anordnung zur Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen bei Kollisionsgefahr ihrer Kanäle,
- 30 Fig. 5: eine dritte Anordnung zur Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen bei Kollisionsgefahr ihrer Kanäle in einem OTDM-WDM-Netzknoten.

- 35 In Fig. 1 wird eine erforderliche Neuordnung der Inhalte X, Y der Kanäle zur erfindungsgemäßen Zusammenfassung von zwei Zeitmultiplex-Signalen S1, S2 zu einem resultierenden

Zeitmultiplex-Signal S3 mit periodisch $N=8$ Kanälen schematisch dargestellt. Das erste und das zweite Zeitmultiplex-Signal S1, S2 weisen innerhalb $N=8$ Kanälen folgende Reihenfolge "XOXXOXX" bzw. "OOOYOYO" für belegte Kanäle mit Inhalten X, Y und für unbelegte Kanäle mit Inhalt O auf. Eine sofortige Zusammenfassung beider Zeitmultiplex-Signale S1, S2 würde für zeitübereinstimmende gemeinsam belegten Kanäle GBK an der vierten und an der siebten Stelle (siehe oben in fett markiert) beider Reihenfolgen eine Kollision verursachen. Bei anderen Stellen der Reihenfolge kann die kanalbezogene Zusammenfassung kollisionsfrei erfolgen. Nun weisen beide Reihenfolge ebenfalls zeitübereinstimmende gemeinsam nicht belegte Kanäle GNBK an der zweiten und an der sechsten Stelle (siehe oben mit Unterstrich markiert) beider Reihenfolge auf, die gemäß dem Verfahren identifiziert werden und anschließend als freie Zeitschlitz bzw. Kanäle für die Neuordnung der potentiell noch kollisionswürdigen zeitübereinstimmende gemeinsam belegten Kanäle GBK. Eine mögliche Lösung zur Neuordnung in Figur 1 ist mittels zwei gegenseitiger Zeitverschiebungen der Inhalte Y aus der vierten und aus der siebten Zeitschlitz zu der zweiten bzw. sechsten Zeitschlitz des zweiten Zeitmultiplex-Signals S2 dargestellt. Damit bleiben keine zeitübereinstimmende gemeinsam belegten Kanäle GBK mehr bestehen und eine weitere kanalweise Zusammenfassung durch einfache Addierung kann kollisionsfrei erfolgen.

Fig. 2 stellt eine erfindungsgemäße Anordnung zur Zusammenfassung von zwei Zeitmultiplex-Signalen gemäß dem Verfahren aus Figur 1 dar. Die so dargestellte Anordnung eignet sich für insgesamt $N=16$ Kanäle, d. h. für $N_1+N_2=16$ zeitmultiplexierte Kanäle in jedem Zeitmultiplex-Signal S1 mit N_1 Kanälen, S2 mit N_2 Kanälen an beiden Eingängen der Anordnung. Hier wird ein Signalanteil beider Zeitmultiplex-Signale S1, S2 an den Eingängen ausgekoppelt und einer Detektionseinheit DE (siehe Figur 3 für mehrere Details) zugeführt. Dabei werden die zeitübereinstimmenden gemeinsam belegten sowie nicht belegten Kanäle GBK, GNBK identifiziert. Die Information über

die Belegung oder nicht dieser Kanäle wird einer Steuereinheit CTRL über ein Kontrollsignal KS abgegeben. Die Steuereinheit CTRL wird die Neuuzuordnung gemäß Figur 1 durchführen. Nun zur physikalischen Neuuzuordnung detektierter zeitübereinstimmenden gemeinsam belegten Kanäle GBK z. B. in dem Zeitmultiplex -Signal S1 wird das Zeitmultiplex -Signal S1 einem Drop-Modul OADM1 zugeführt, bei dem ein gewünschter Kanal bzw. dessen Inhalt X über einen seiner Drop-Anschlüsse abgezweigt wird. Die anderen unberührten - d. h. nicht abgezweigten und nicht zeitverzögerten - Kanäle bzw. deren Inhalte werden vom Drop-Modul OADM1 einfach durchgelassen. Die Betätigung einer derartigen Abzweigung erfolgt aus der Steuereinheit CTRL über ein Steuerungssignal SS1 an das Drop-Modul OADM1. Erweist sich dass, der abgezweigte Inhalt X eine Zeitverschiebung von zwei Zeitschlitzten erfordert, damit eine dortige Zusammenfassung kollisionsfrei erfolgt, wird dem Drop-Anschluss ein Verzögerungsglied T1 demgemäss eingestellt. Die Kriterien dieser Einstellung werden aus der Steuereinheit CTRL mittels eines weiteren Kontrollsignals SS2 an das Verzögerungsglied T1 gemeldet. Dem Verzögerungsglied T1 ist weiterhin eine Einkoppeleinrichtung EK1 nachgeschaltet, die eine Neuhinzufügung des abgezweigten Inhalts des nun verzögerten Signals in eine übereinstimmende freie Zeitschlitz des Zeitmultiplex-Signals S1 ermöglicht. Es ist auch möglich das Zeitverzögerungsglied T1 so einzustellen, dass bei der Neueinkopplung des verzögerten Signals am Drop-Anschluss die Verzögerung relativ zu dem unberührten Signal eine oder mehrere Perioden eines kompletten Zeitmultiplex-Signals zusätzlich zur Verzögerung zum Einfügen in einen gemeinsam nicht belegte Kanal GNBK dieses weiteren Zeitmultiplex-Signals be- trägt.

Der Einkoppeleinrichtung EK1 ist eine weitere und wie oben beschrieben identische Vorrichtungskette zur Abzweigung, Zeitverschiebung und Neuhinzufügung mit einem zweiten Drop-Modul OADM2, mit einem zweiten Verzögerungsglied T2 und mit einer zweiten Einkoppeleinrichtung EK2 nachgeschaltet. Dies

- gilt auch für das zweite Zeitmultiplex-Signal S2, das wie für das erste Zeitmultiplex-Signal S1 in zwei derartige Vorrichtungskette zur Abzweigung, Zeitverschiebung und Neuhinzufügung mit weiteren dritten und vierten Drop-Modulen OADM3, OADM4, Verzögerungsgliedern T3, T4 und Einkoppeleinrichtungen EK3, EK4. Alle Drop-Module OADM1, OADM2, OADM3, OADM4 sowie alle Zeitverzögerungsglieder T1, T2, T3, T4 werden mittels Steuersignale SS (siehe oben SS1, SS2 für OADM1 und T1) am Ausgang der Steuereinheit CTRL gesteuert. Anschließend wird den zweiten und vierten Einkoppeleinrichtungen T2, T4 ein optischer Koppler KO nachgeschaltet, der lediglich zur optischen Zusammenfassung der nun kollisionsfreie Inhalte aller Kanäle zu einem ausgehenden Zeitmultiplex-Signal S3 dient. Ein zusätzlicher Verzögerungsglied T0 kann auch dem ersten Drop-Modul OADM1 vorgeschaltet und deren Verzögerung aus der Steuereinheit CTRL eingestellt. Dies ermöglicht, falls benötigt, eine erste erfindungsgemäße Zeitverschiebung aller Kanäle des ersten Zeitmultiplex-Signals S1 zu dem zweiten Zeitmultiplex-Signals S2, sowie eine feine Synchronisation zwischen den Zeitschlitten der hochbitratigen Zeitmultiplex-Signale S1, S2. Allerdings sind Takt- und Synchronisationsmitteln zur Überprüfung und Regelung der möglichen Drifte von Zeitschlitten an mehreren Stellen der erfindungsgemäßen Anordnung vorgesehen, die aus Ersichtlichkeitsgründen in Figur 2 nicht dargestellt wurden. Als Drop-Module werden herkömmliche Add-Drop-Module zum Abzweigen eines Inhalts aus einem der zeitübereinstimmenden gemeinsam belegten Kanäle GBK der Zeitmultiplexsignale S1, S2 verwendet.
- Dieses Ausführungsbeispiel eignet sich für beliebige auftretende Kollisionsfälle zwischen belegten Kanälen der beiden Zeitmultiplex-Signale S1, S2, insofern ihre Gesamtzahl nicht $N=16$ übersteigt.
- Die Erfindung setzt keine Einschränkung auf die Wahl der Bitrate von Zeitmultiplex-Signalen sowie auf der Grundbitrate ihrer Kanäle. Es können durchaus 3 Kanäle à 10 GBit/s auf dem

Zeitmultiplex-Signal S1 und 7 Kanäle à 10 GBit/s auf dem Zeitmultiplex-Signal S2 ankommen. Zur Verdeutlichung des folgenden Ausführungsbeispiels der Erfindung wird jedoch eine Bitrate von 40, 80, 120, 160, etc GBit/s für die Zeitmultiplex-Signale in Betracht kommen, die ein vielfaches von 4 der Grundbitrate 10 GBit/s eines Kanals aufweist. In diesem Fall beträgt die Mehrzahl N eine vielfache Zahl von 4. Zur Realisierung einer dafür passende Anordnung nach dem Modell der Figur 2 jedoch für N zeitmultiplexierte Kanäle werden mindestens N/4 Abzweigungen bzw. Neuhinzufügungen sowie N/4+1 Zeitverschiebungen für Inhalte X, Y der Kanäle beider Zeitmultiplex-Signale S1, S2 benötigt werden. Mit anderen Worten sind N/4 Drop-Module, N/4 Einkoppeleinrichtungen und N/4+1 Zeitverzögerungsglieder erforderlich. Nach dem Beispiel der Figur 2 wurden zwei Drop-Module, zwei Einkoppeleinrichtungen und zwei (drei mit T1) Zeitverzögerungsglieder für das erste Zeitmultiplex-Signal S1 sowie weitere zwei Drop-Module, zwei Einkoppeleinrichtungen und zwei Zeitverzögerungsglieder für das zweite Zeitmultiplex-Signal S2 seriell angeordnet. Diese symmetrische Anordnung für beide Zeitmultiplex-Signale S1, S2 ist gegenüber eine unsymmetrische Anordnung wie z. B. drei serielle Kette "Drop-Module, Einkoppeleinrichtungen und Zeitverzögerungsglieder" für das erste Zeitmultiplex-Signal S1 und eine serielle Kette "Drop-Module, Einkoppeleinrichtungen und Zeitverzögerungsglieder" für das zweite Zeitmultiplex-Signal S2 vorteilhaft, da in einer unsymmetrischen Anordnung die Eigenschaften der unsymmetrisch übertragenen Signale unterschiedlich beeinflusst werden. Mit anderen Worten werden z. B. unterschiedliche Verstärkungsmittel in jeder seriellen Kette angepasst werden müssen. Deshalb wird angestrebt, dass eine möglichst gleiche Zahl kanalbezogener Abzweigungen, Zeitverschiebungen und Neuhinzufügungen für jedes zusammenzufassende Zeitmultiplex-Signal S1, S2 verwendet wird.

In symmetrischen Anordnungen wird eine Mindestganzzahl $\text{Int}(N/8+0,5)$ von derartigen Ketten "Drop-Module, Einkoppeleinrichtungen und Zeitverzögerungsglieder" zur kanalbezo-

gener Operationen je für einen Zeitmultiplex-Signal S1, S2 verwendet.

5 In Fig. 3 ist eine Vorrichtung zur Identifizierung der Belegung von Kanälen bei hochbitratigen Zeitmultiplex-Signalen dargestellt. Eine solche Vorrichtung ist gemäß Figur 2 die sogenannte Detektionseinheit DE, die Informationen über die kollisionswürdige Belegung von zusammenfassenden Kanälen sowie über mögliche noch verfügbare freie Zeitschlitz zur Vermeidung einer Kollision an die Steuereinheit CTRL übermit-
10 telt. Die hier dargestellte Vorrichtung wird für einen Signalanteil AS1 des Zeitmultiplex-Signals S1 beschrieben. Die Detektionseinheit DE gemäß Figur 2 weist zwei parallel geschaltete derartige Vorrichtungen für jedes Zeitmultiplex-
15 Signal S1, S2 auf, deren Ausgänge mit der Steuereinheit CTRL angeschlossen sind.

An den Eingängen eines optischen Kopplers K1 werden der Signalanteil mit z. B. einer Datenrate von 160 GBit/s mit einem weiteren Kontrollpuls PS mit gleicher Bitrate zugeführt und damit überlagert. An einem Ausgang des optischen Kopplers K1 wird eine Avalanche-Photodiode D1 geschaltet, deren Ausgangssignal einem Analog-Digital-Wandler ADW zugeführt ist. Dem Analog-Digital-Wandler ADW ist eine Monitoreinheit MONITOR
20 nachgeschaltet, bei der Impulse bei belegten bzw. nicht belegten Kanälen ermittelt werden. Die hier verwendete Avalanche-Photodiode A1 ist auf zwei-Photonen Absorption empfindlich. Wird nun der Kontrollpuls PS schrittweise zeitverzögert und während der Zeitverzögerung der Photostrom der Avalanche-
25 Photodiode A1 aufgetragen, ergeben sich Einbrüche bei leeren Zeitschlitz. Es können Anstelle der Avalanche-Photodioden wie oben beschrieben beliebige nicht-lineare Elemente wie ein Halbleiter-Verstärker oder eine optische Faser mit starkem linearem Effekt verwendet werden. Auch kaskadierte elektro-
30 akustische Modulatoren können als Detektionseinheiten verwendet werden. Da die Bandbreite des Demultiplexers mindestens der halben Bitrate des Zeitmultiplex-Signals S1, S2 betragen
35

muss, und wenn beliebige leere Zeitschlitz zu detektieren sind (im schlimmsten Fall, jede zweite Zeitschlitz), reicht die Verwendung eines einzelnen elektro-akustische Modulator z. B. bei 160 GBit/s aus.

5

Wenn ein Signalanteil des zweiten Zeitmultiplex-Signals S2 ebenfalls einer weiteren identischen Vorrichtung (siehe K2, D2 in Figur 2) abgegeben wird, erhält man dieselbe Information hinsichtlich der Belegung seiner Kanäle. Durch einen Vergleich zwischen Ausgangssignalen jeweiliger Analog-Digital-Wandler bzw. Monitoreinheiten können die zeitübereinstimmenden gemeinsam belegten und nicht belegten Kanäle ermittelt werden.

10

- 15 In Figur 4 ist eine zweite Anordnung zur Zusammenfassung von Zeitmultiplex-Signalen S1, S2 gemäß Figur 2 bei Kollisionsgefahr ihrer Kanäle dargestellt. Dabei beträgt die maximale Anzahl von Kanälen $N=16$ und der Fall $N1+N2>N$ kann vorkommen. An Eingängen der Anordnung für beide einkommenden Signale
- 20 S1, S2 wird jeweils eine Zeitschlitzkontrolleinheit ZKE1, ZKE2 eingefügt, die die Position und die Anzahl der belegten Zeitschlitz (Datenkanäle) bestimmt. Der zweiten Zeitschlitzkontrolleinheit ZKE2 ist ein zusätzliches Add-Drop-Modul OADM5 nachgeschaltet, dessen Durchschaltausgang mit dem Ein-
- 25 gang des ersten Add-Drop-Moduls OADM3 im Pfad des Datensignals S2 geschaltet ist. Ist die Bedingung $N1+N2\leq N$ erfüllt, wird das zusätzliche Add-Drop-Modul OADM5 so eingestellt, dass alle Datenkanäle gemäß Figur 2 zum Zusammenführen der Signale S1 und S2 zugeführt werden. Tritt der Fall $N1+N2>N$
- 30 ein, werden im zusätzlichen Add-Drop-Modul OADM5 eine Anzahl von $N1+N2-N$ Datenkanälen des zweiten Zeit-Multiplexsignals S2 ausgekoppelt, dass die Bedingung $N1+N2=N$ in dem Pfad mit beiden Add-Drop-Modulen OADM3, OADM4 erfüllt ist. Die $N1+N2-N$ ausgekoppelten Kanäle - als Drop-Signal SK mit einer Wellen-
- 35 länge λ_1 - werden einem Wellenlängenkonverter λ -KONV zugeführt, der den entsprechenden Datenkanälen eine neue Wellenlänge λ_2 zuweist. Diese neue Wellenlänge λ_2 muss sich in das

für das Gesamtnetz gewählte Wellenlängenschema - ggf. nach
Standart ITU-T - einfügen. Insgesamt werden am Ausgang der in
beiden Pfaden letztgeschalteten Add-Drop-Module OADM2, OADM4
eine Anzahl von N1 und N2 Kanälen mit Wellenlänge λ_1 in einem
5 Zeitmultiplexsignal S mit N vollbelegten Kanälen zusammenge-
fasst. Das Zeitmultiplexsignal S weist die Wellenlänge λ_1 auf
und kann ferner mittels eines Wellenlängenmultiplexer W-MUX
mit dem vorigen ausgekoppelten Drop-Signal SK mit der konver-
tierten Wellenlänge λ_2 in einer WDM-Übertragungsstrecke zu-
10 sammengefügt werden. Damit wird ein OTDM-Add-Vorrichtung für
beliebig belegten Zeitmultiplexsignalen, bei der mittels ei-
ner Datenventile - hier das Add-Drop-Modul OADM5 - mit an-
schliessendem Wechsel der ursprünglichen Granularität - hier
die Wellenlänge - von kollisionsgefährdeten Kanälen in beiden
15 Zeitmultiplexsignalen S1, S2 wenigstens ein kollisionsfreies
vollbelegtes Ausgangszeitmultiplexsignal S er-
zeugt. Idealerweise soll das zusätzliche Add-Drop-Modul OADM5
die Kanalauswahl so treffen, dass eine möglichst geringe Rei-
henfolgenänderung oder Zuordnung der Kanälen durch die darauf
20 folgende Vorrichtung gemäß Figur 2 vorgenommen werden muss.
Sollten beispielsweise die einkommenden Signale folgenderma-
ßen belegt sein (0 = nicht belegt, x belegt für S1, y belegt
S2, N=8) [x0xx00xx] und [0y00yyy0], so wäre die Lösung mit der
geringsten optischen Bearbeitung in dem darauf folgenden Ver-
25 fahren, den Kanal an der 6. Stelle von S2 am zusätzlichen
Add-Drop-Modul OADM5 auszukoppeln und in eine andere Wellen-
länge umzuwandeln.

Es soll an dieser Stelle bemerkt werden, dass zukünftige op-
30 tische Netze sehr komplex aufgebaut sein können, und dass
möglicherweise eine optimale Nutzung der Netzressourcen nur
durch eine zentrale Netzsteuerung erreicht werden kann, die
die Zustände aller Netzknoten mit dementsprechenden Zeitmul-
tiplex-Vorrichtungen kennt. Dementsprechend kann es für den
35 Betrieb des gesamten Netzes oder Subnetzes günstiger sein,
das zusätzliche Add-Drop-Modul OADM5 zwischen der Zeit-
schlitzkontrolle ZKE2 und der in Figur 2 beschriebenen Vor-

richtung - am Eingangssignal S2 - so zu schalten, dass alle ankommenden Datenkanäle des Zeitmultiplexsignals S2 in den Auskopplung-Lichtpfad, der zum Wellenlängenkonverter λ -KONV führt, zu schalten.

5

- Eine vollständige Knotenarchitektur mit einer der erfindungsgemäßen Vorrichtungen muss nun selbstverständlich darauf ausgelegt sein, dass schon Signale $S_{WDM/OTDM}$ mit mehreren Wellenlängen in vorhergehenden Knoten gemultiplext wurden, die jeweils einen Datenstrom aus OTDM Signalen enthalten. Ein Ausführungsbeispiel einer Knotenarchitektur, die dies berücksichtigt ist in Figur 5 dargestellt, wobei derartige Signale $S_{WDM/OTDM}$ in einem Wellenlängen-Demultiplexer W-DEMUX am Eingang des Knoten in mehrere OTDM-Datenströme S11, ..., S1i, ..., S1m mit unterschiedlichen Wellenlängen $\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_m$ und Kanälen M1, ..., Mi, ..., Mm getrennt werden. Hierbei wird auch noch berücksichtigt, dass an einem Knoten - hier mittels Drop-Vorrichtungen OADM61, ..., OADM6i, ..., OADM6m an Ausgängen des Wellenlängen-Demultiplexers W-DEMUX - auch Datenkanäle S11_{DROP}, ..., S1i_{DROP}, ..., S1m_{DROP} mit einer Kanalzahl K1, ..., Ki, ..., Km abgezweigt werden können, die entsprechend neue freie Zeitschlitze schaffen. Zudem werden die überschüssigen Datenkanäle, die nicht mehr den Datenströmen mit Wellenlängen $\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_m$ zugeführt werden können, gezielt in eine Wellenlänge konvertiert, die noch freie Kapazität hat.
- Ferner wird am Durchschaltungssausgang jeweiliger Drop-Vorrichtung OADM61, ..., OADM6i, ..., OADM6m eine Anordnung ZKE1, ZKE2, OADM1, OADM2, OADM3, OADM4, OADM5, T0, T1, T2, T3, T4, KO, CTRL, λ -KONV gemäß Figur 4 nun mit erstem Zeitmultiplexsignal S11, ..., S1i, ..., S1m jeweils mit N1, ..., Ni, ..., Nm nicht-gedropten Datenkanälen nachgeschaltet, wobei $N_i = M_i - K_i$. Über eine Zeitschlitzkontrolleinheit ZKE2 und einen Add-Drop-Modul OADM5 jeder Anordnung gemäß Figur 4 wird ein zweites Zeitmultiplexsignal S21, ..., S2i, ..., S2m mit N21, ..., N2i, ..., N2m (zeitmultiplexier-

ten) Datenkanälen mit den ersten Zeitmultiplexsignalen $S_{11}, \dots, S_{1i}, \dots, S_{1m}$ zusammengefasst. Im Falle einer Kollisionsgefahr zwischen Datenkanälen der ersten und zweiten Zeitmultiplexsignale S_{1i}, S_{2i} ($i=1, \dots, m$) verfügt der Add-Drop-Modul OADM5 aus einem Drop-Signal S_{Ki} gemäß Figur 4, dem über den Wellenlängen-Konverter λ -KONV und/oder einen zusätzlichen Wellenlängen-Schalter λ -SWITCH eine andere Wellenlänge λ_j mit $j \neq i$ zugewiesen wird. Aus Klarheitsgründen ist diese Schaltung gemäß Figur 4 nur für beide Zeitmultiplexsignale S_{11} und S_{21} dargestellt. Das wellenlängenkonvertierte bzw. -geschaltete Signal S_{ADD} wird weiterhin als zweites Eingang-Zeitmultiplexsignal S_{2i} einer weiteren Anordnung gemäß Figur 4 zugeführt, deren das erste zusammenzufassende Zeitmultiplexsignal S_{1i} die gleiche Wellenlänge - λ_i in Figur 4 - aufweist.

Zur Steuerung jeweiliger Vorrichtung zur Zusammenfassung von mindestens zwei Zeitmultiplex-Signalen $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1i}, S_{2i}, \dots$ ist gemäß Figur 2 oder 4 eine Kontrolleinheit CTRL vorhanden, die am einfachsten an einer Hauptkontrolleinheit CTRLM verbunden ist, derart dass bei Kollisionsgefahr in einer der Vorrichtungen eine Konvertierung oder Umschaltung einer Wellenlänge für kollisionsgefährdete Datenkanäle zu einer weiteren Vorrichtung mit weniger Kollisionsgefahr - d. h. freie Zeitschlitze sind verfügbar - durchgeführt wird. Am Ende - Koppler KO - jeder Vorrichtung sind alle zusammengefasste OTDM-Zeitmultiplexkanäle mit unterschiedlichen Wellenlängen wiederum mittels eines Wellenlängenmultiplexers W-MUX zur Weiterübertragung eines WDM-OTDM-Signals $S'_{WDM/OTDM}$ zusammengefasst. Im Vergleich zum ersten eingehenden WDM-OTDM-Signal $S_{WDM/OTDM}$ weist das ausgehende WDM-OTDM-Signals $S'_{WDM/OTDM}$ OTDM-Datenströme mit optimal voll besetzter Bandbreite pro Wellenlänge auf. Damit sind die unnötig unbesetzten Datenkanäle unterdrückt und ein Gewinn der Bandbreite in Wellenlängenbereich wird dadurch erreicht. Dabei wurden auch dem ersten eingehenden WDM-OTDM-Signal $S_{WDM/OTDM}$ Zeitmultiplex-Signale S_{1DROP}, S_{2i} mit beliebigen Datenkanälen entfernt und/oder hinzugefügt.

Es soll betont werden, dass die genaue Architektur eines vollständigen Netzknoten auch von der maximalen Anzahl der Wellenlängen und der OTDM-Datenkanäle innerhalb einer Wellenlänge abhängt. Für eine geringe Anzahl von Wellenlängen, z. B. bei 2 Wellenlängen, kann eine 1 zu 1 Zuordnung sinnvoll sein, d. h. beide Wellenlängen können jeweils in die andere Wellenlänge umgewandelt und eingefügt werden. Bei mehreren Wellenlängen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$ kann evtl. eine Kaskade sinnvoll sein, die eine Konvertierung bzw. eine Umschaltung zwischen Wellenlängen $\lambda_1 \rightarrow \lambda_2, \lambda_2 \rightarrow \lambda_3$, etc zuführt, bzw. dem Verfahren, mit dem die OTDM Kanäle kollisionsfrei ineinander verwebt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zusammenfassung von mindestens zwei Zeitmultiplex-Signalen (S1, S2) zu einem resultierenden Zeitmultiplex-Signal (S3), die alle eine gleiche maximale Anzahl N von periodischen zeitmultiplexierten Kanälen haben, demgemäss durch eine gegenseitige Zeitverschiebung vom Inhalt (X, Y) aus belegten Kanälen in den Zeitmultiplex-Signalen (S1, S2) eine Neuordnung des Inhalts (X, Y) in nicht belegte Kanäle der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) derart gesteuert wird, dass ihre Zusammenfassung in das resultierende Zeitmultiplex-Signal (S3) kollisionsfrei erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei zeitlicher gemeinsamer Übereinstimmung belegter Kanälen (GBK) in beiden Zeitmultiplex-Signalen (S1, S2) der Inhalt (X, Y) eines der gemeinsam belegter Kanälen (GBK) aus einem der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) abgezweigt und solange zeitverschoben wird, dass er mit einem von beiden Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) gemeinsam nicht belegten Kanal (NGBK) zeitlich übereinstimmt, so dass innerhalb der N zeitmultiplexierten Kanäle des resultierenden Zeitmultiplex-Signals (S3) die Zusammenfassung beider Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) kollisionsfrei erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Zeitverschiebung des abgezweigten Inhalts (X) der Inhalt (X) in einen Kanal der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) hinzugefügt wird und anschließend beide Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) optisch gekoppelt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Anzahl N1 von belegten Kanälen des ersten Zeitmultiplex-Signals (S1) und bei einer Anzahl N2 von beleg-

ten Kanälen des zweiten Zeitmultiplex-Signals (S2) die gesamte Zahl $N1+N2$ die Anzahl N der Kanäle des resultierenden Zeitmultiplex-Signals (S3) nicht übersteigt.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der als vielfaches von 4 vorgesehenen Mehrzahl N von
zeitmultiplexierten Kanälen mindestens $N/4$ Abzweigungen bzw.
Neuhinzufügungen sowie $N/4+1$ Zeitverschiebungen für Inhalte
10 (X, Y) der Kanäle beider Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) verwendet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass bei einer Übersteigung der gesamten Zahl $N1+N2$ über die
Anzahl N der Kanäle des resultierenden Zeitmultiplex-Signals
(S3) überschüssige gemeinsam belegte Kanäle (SK1) eines der
Zeitmultiplex-Signale (S1, S2, S11, S21) umgeleitet und zu
einem weiteren Zeitmultiplex-Signal (S1i) zusammengefasst
20 werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Umleitung der überschüssigen gemeinsam belegten
25 Kanäle eine Granularitätseigenschaft geändert wird, derart
dass diese Kanäle und das weitere Zeitmultiplexsignal (S1i)
mit gleichen Granularitätseigenschaften zusammengefasst werden.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass als geänderte Granularität die Wellenlänge gewählt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
35 dadurch gekennzeichnet,

dass eine möglichst gleiche Zahl kanalbezogener Abzweigungen, Zeitverschiebungen, Neuhinzufügungen und ggf. Umleitungen für jedes Zeitmultiplex-Signal (S1, S2) verwendet wird.

- 5 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass insbesondere für gemeinsam belegte und unbelegte Kanäle
(GBK, GNBK) die Belegung von Kanälen beider Zeitmultiplex-
Signale (S1, S2) vor Abzweigung eines Kanals identifiziert
10 wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass weitere Identifizierungen der Belegung der Kanäle vor
15 weiteren Abzweigungen von Kanälen durchgeführt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 und 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Identifizierung der Belegung aus Informationen eines
20 Netzwerkmanagements durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 und 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Identifizierung der Belegung aus einem ausgekoppel-
25 ten Lichtanteil eines der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2)
durchgeführt wird, der mit einem dem Zeitmultiplex-Signal
synchronisierten Kontrollpuls (PS) optisch (K1, K2) überla-
gert wird und
dass das überlagerte Signal einer Avalanche-Photodiode (D1,
30 D2) oder einem nicht-linearen Detektionselement abgegeben
wird, deren Ausgangssignal Information (KS) über die Belegung
eines Kanals liefern.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
35 dadurch gekennzeichnet,

dass die Bitrate des Kontrollpulses an der Bitrate der Zeitmultiplex-Signale angepasst wird und der Kontrollpuls schrittweise zeitverzögert wird.

- 5 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 und 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Identifizierung der Belegung durch eine Demultiple-
xierung der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) durchgeführt wird,
deren Bandbreite mindestens die halbe Bandbreite der Zeitmul-
10 tiplext-Signale (S1, S2) beträgt.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass Phasen der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) vor der ersten
15 Abzweigung eines Inhalts ihrer Kanäle synchronisiert werden.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Takt der oder mehrerer Abzweigungen sowie eine oder
20 mehrere erforderliche Zeitverzögerungen permanent überprüft
und geregelt werden.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass bei der Zusammenfassung beider Zeitmultiplex-Signale
(S1, S2) eine Synchronisation des Takts überprüft und gere-
gelt wird.
19. Anordnung zur Zusammenfassung von mindestens zwei Zeit-
30 multiplex-Signalen (S1, S2) zu einem resultierenden Zeitmul-
tiplext-Signal (S3), die alle eine gleiche Anzahl N von perio-
dischen zeitmultiplexierten Kanälen aufweisen,
bei der an wenigstens einem für ein Zeitmultiplex-Signal (S1,
S2) vorgesehenen Zeitverzögerungsglied (T1, T2 bzw. T3, T4)
35 eine Steuereinheit (CTRL) zur gegenseitigen Zeitverschiebung
vom Inhalt (X, Y) aus belegten Kanälen in den Zeitmultiplex-
Signalen (S1, S2) angeschlossen ist,

dass zur Neuuzuordnung des Inhalts (X, Y) in nicht belegte Kanäle der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) die Steuereinheit (CTRL) derart ausgebildet ist, dass bei einem dem Zeitverzögerungsglied (T2 bzw. T4) nachgeschalteten optischen Koppler (KO) die Zusammenfassung in das resultierende Zeitmultiplex-Signal (S3) kollisionsfrei erfolgt.

20. Anordnung nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass beide Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) einige gemeinsam zeitübereinstimmenden belegte sowie unbelegte Kanäle (GBK, GNBK) aufweisen,
dass zur Abzweigung eines Inhalts (X, Y) eines gemeinsam zeitübereinstimmenden belegten Kanals (GBK) eines der Zeit-
15 multiplex-Signale (S1, S2) das Zeitmultiplex-Signal (S1, S2) in ein Drop-Modul (OADM1, OADM2 bzw. OADM3, OADM4) eingespeist wird, dessen Drop-Anschluss mit dem Zeitverzögerungsglied (T1, T2 bzw. T3, T4) zur Zeitverschiebung des abgezweigten Inhalts des Kanals verbunden ist und
20 dass dem Drop-Modul (OADM1, OADM2 bzw. OADM3, OADM4) und dem Zeitverzögerungsglied (T1, T2 bzw. T3, T4) die Steuereinheit (CTRL) über Steuersignale (SS, SS1, SS2) zur Aktivierung einer derartigen Abzweigung und zur Einstellung der Zeitverzögerung angeschlossen ist.

25
21. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Detektionseinheit (DE, PS, K1, K2, D1, D2) zur Identifizierung der Belegung von zeitübereinstimmenden Kanälen
30 zwischen oder bei Zeitmultiplex-Signalen (S1, S2) mit der Steuereinheit (CTRL) über ein Kontrollsignal (KS) verbunden ist.

22. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 20,
35 dadurch gekennzeichnet,
dass zur Identifizierung der Belegung von zeitübereinstimmenden Kanälen zwischen oder bei Zeitmultiplex-Signalen (S1, S2)

ein Netzwerkmanagement mit der Steuereinheit (CTRL) über ein Kontrollsignal (KS) verbunden ist.

23. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 22,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass bei mehreren zusammenzufassenden Zeitmultiplex-Signalen (S1, S2) wenigstens einem Eingang eines Drop-Moduls (OADM1, OADM2 bzw. OADM3, OADM4) mit einem an einem Drop-Ausgang angeschlossenen Zeitverzögerungsglied (T1, T2 bzw. T3, T4) ein
10 der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) zugeführt ist.

24. Anordnung nach einem der Ansprüche 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass jedem Zeitverzögerungsglied (T1, T2 bzw. T3, T4) eine
15 Einkoppeleinrichtung (EK1, EK2 bzw. EK3, EK4) zur Neuhinzufügung eines abgezweigten und zeitverzögerten Inhalts eines Kanals in sein ursprüngliches Zeitmultiplex-Signal (S1, S2) nachgeschaltet ist,
dass den für jedes Zeitmultiplex-Signal (S1, S2) letztgeordneten Einkoppeleinrichtungen (EK2, EK4) ein optischer Koppler
20 (KO) zur Zusammenfassung der Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) mit kollisionsfreien Inhalten nachgeschaltet ist.

25. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 24,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinheit (CTRL) einen Zähler der gemeinsam zeitübereinstimmenden belegten und unbelegten Kanäle (GBK, GNBK) der zusammenzufassenden Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) aufweist.

30
26. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinheit (CTRL) eine Einheit zur Zuordnung eines der gemeinsam zeitübereinstimmenden belegten Kanäle (GBK)
35 in einen der gemeinsam zeitübereinstimmenden nicht belegten Kanäle (GNBK) der zusammenzufassenden Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) aufweist.

27. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 26,
dadurch gekennzeichnet,
dass Kontrollmittel (T0, K0) der Phase und des Takts der
5 Zeitmultiplex-Signale (S1, S2) vorhanden sind.

28. Anordnung nach einem der Ansprüche 20 bis 27,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Kollisionsgefahr der Inhalte (X, Y) ein Drop-Modul
10 (OADM5) einem der Add-Drop-Module (OADM1, OADM3) vorgeschaltet ist.

29. Anordnung nach einem der Ansprüche 20 bis 28,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass ein Wellenlängenkonvertierer und/oder -schalter (λ -KONV) mit einem Drop-Ausgang des Drop-Moduls (OADM5) verbunden ist, derart dass den Kanälen von potentiell kollidierenden Inhalten (X, Y) eine neue Wellenlänge zugewiesen wird.

20 30. Anordnung nach Anspruch 29,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kanäle mit neuer Wellenlänge in eine weitere geschaltete Anordnung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 29 als
neues zusammenzufassendes Zeitmultiplexsignal eingespeist
25 werden.

FIG 1

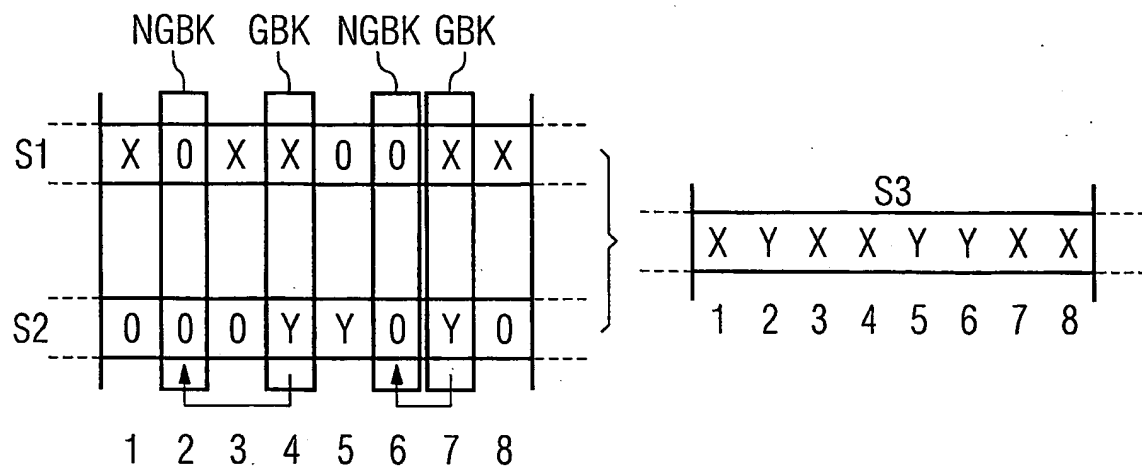
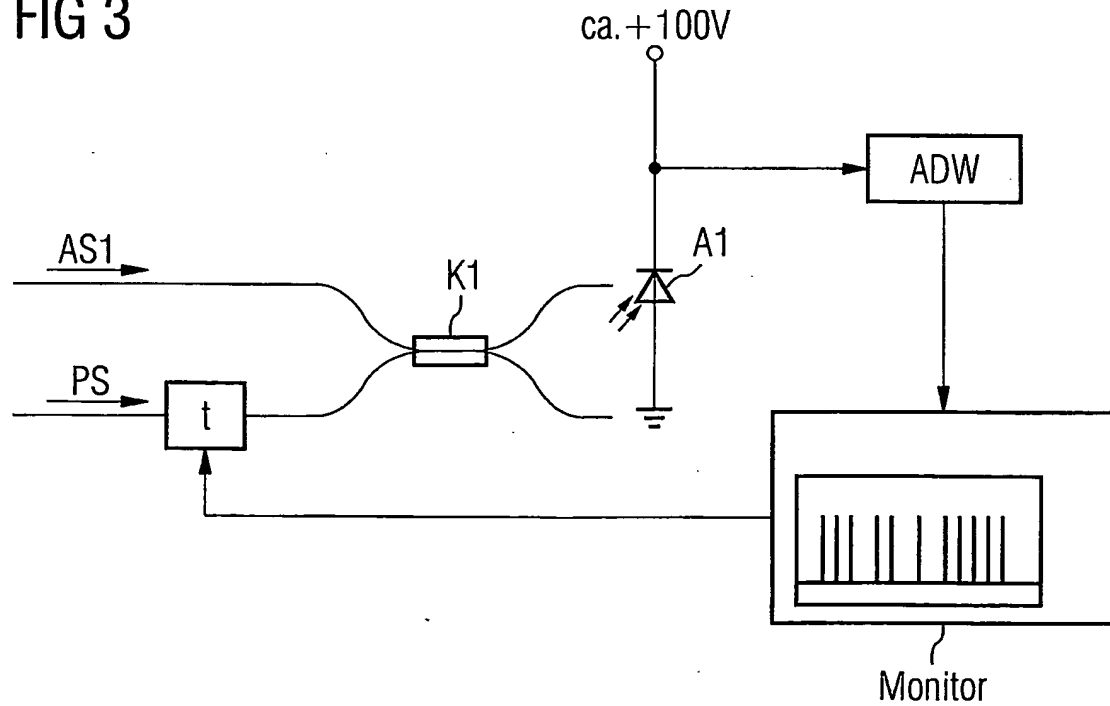


FIG 3



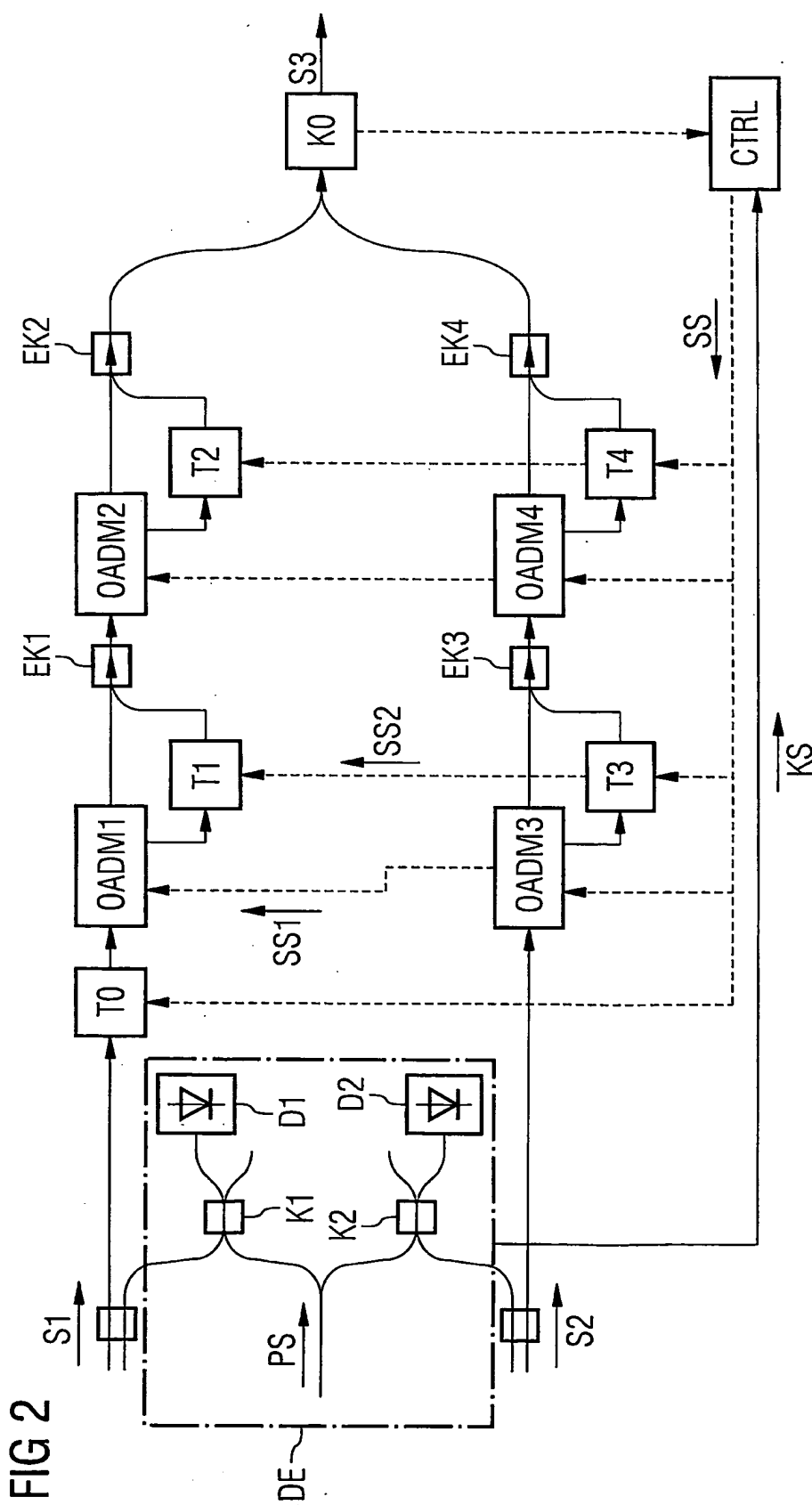


FIG 2

3/4

FIG 4

